

Study on trajectory control for autonomous agricultural vehicle aiming approach to the target object : automatic fertilizer refilling operation

著者	Sutiarso Lilik
内容記述	Thesis (Ph. D. in Agriculture)--University of Tsukuba, (A), no. 2532, 2001.3.23 Includes bibliographical references
発行年	2001
URL	http://hdl.handle.net/2241/3892

氏 名 (国 籍)	リリック スティアルソ (インドネシア)
学 位 の 種 類	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 2532 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審 査 研 究 科	農学研究科
学 位 論 文 題 目	Study on Trajectory Control for Autonomous Agricultural Vehicle Aiming Approach to the Target Object — Automatic Fertilizer Refilling Operation — (目標への接近のための農業用自律走行車両軌跡制御法の研究 —自動肥料補給作業—)
主 査	筑波大学教授 農学博士 小 池 正 之
副 査	筑波大学教授 農学博士 佐 藤 政 良
副 査	筑波大学助教授 農学博士 瀧 川 具 弘
副 査	筑波大学教授 農学博士 坂 井 直 樹

論 文 の 内 容 の 要 旨

農業生産に従事する人口の減少は世界的に進行している。また、農業生産においても、生産の持続性や環境負荷の軽減が求められている。このような課題に対処するために、農業生産の情報化に基づく、計画的な局所的管理が模索されており、同時にこのような管理を省力的に、かつ正確に実現するために農業用車両の自律走行化の研究が進められている。その結果、ほ場内における作業の自動化技術開発では一定の成果を得るに至った。しかし、作業の完全自動化を実現するには、ほ場内での作業のみならず、資材補給や作業機の交換といった、正確な走行経路制御を必要とする作業をも自動化する必要がある。しかしながら、農業用車両の走行軌跡制御につながる実用的な研究の蓄積は、未だ非常に少ない状況にある。

本研究は、農業用車両に一般的な前輪操舵車を対象とした目標への精度の高い接近制御を提案することを目的としている。車両型の車両には、非ホロノミックな制約が存在し、このため一般的な時不変の滑らかなフィードバック制御では、点から点への移動を実現できないことが知られている。そこで、走行軌跡を多項式と三角関係とで表現して、車両を現在位置から目標位置まで誘導する方法を提案した。また、目標となる物体の位置計測を、簡易なレーザセンサにより計測する方法を検討した。さらに、自律走行実験車とレーザセンサを用いて実際に自動肥料補給の模擬試験を行い、提案した制御法の妥当性を検討した。判明した知見は以下の通りである。

まず、研究の背景、農業における自律走行研究の意義と問題点を論じ、研究目的について述べた。

次いで、本研究に関連する既往の研究として、自律走行における位置計測手法と車輪型移動機構を持つロボットの走行制御とについて述べ、本研究の工学的意義を明確にした。特に、各種の自律走行車両用位置計測の特質を論じ、本研究において必要な相対位置計測手法を整理した。さらに、非ホロノミック制約を受ける対象の制御法を整理、検討した。

本研究では、出発点と目標点とを結ぶ滑らかな軌跡を設定し、これに沿って車両を走行させれば、非ホロノミック制約を満たして目標点に到達できる方法を検討した。まず、前輪操舵車両の運動モデルと、多項式と三角関係で表す曲線モデルから、軌跡に沿って車両を運動させるために必要な操舵角度が計算できることを示した。次いで、コンピュータ・シミュレーションにより制御が可能であることを確認した。続いて、予備試験を行った結果、制御装置の遅れなどが軌跡制御に大きく影響することが認められたので、新たにフィードバック制御を付加して

この問題の解決を図った。

開発した軌跡制御法の実験を行うため自律走行車両の整備と、車両の位置計測装置の開発、軌跡制御法の装を行った。自律走行車両は、走行速度、操舵角度、操舵角速度などの走行制御に必要な各機能をコンピュータにより操作できた。位置計測法は、簡易なレーザセンサとレーザエンコーダによる三角測量と、車輪回転数と光りファイバージャイロによるデッドレコニングとを組み合わせた方法で、予備試験の結果10cm以下の精度が得られた。

開発した実験装置を用い、車両の出発位置、出発時の姿勢を変化させて肥料補給模擬試験を行った。その結果、フィードバック制御の導入により、車両を設計した軌跡に沿って肥料補給装置に誘導できることが確認できた。しかし、小旋回が求められる条件では操舵角度が物理的限界に達して、肥料補給店からの誤差が60cm程度まで生じることもわかった。

最後に本研究の結論及び今後の改善に係る提案と展望とについて述べ、本研究成果の実用的価値と応用性を論じた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、従来の農業用車両の自律走行化による農作業自動化研究において見過ごされてきた資材補給、作業機交換を実現するために必要となる、目標への精度の高い接近制御を検討している。

車両型の移動機構を持つ非ホロノミック制約下での制御として多様な方法が検討されてきたが、本研究では車両の移動軌跡を予め設計し、これに追従して走行することで車両を目標点に精度よく誘導する手法を提案した。この方法によれば、設計した軌跡から周囲の物体との干渉を予測し、回避できるなどの特長が認められ、このことから農業用車両の軌跡制御法研究の先行的事例としての意義は高いものと考えられた。

また、予備試験の結果から問題となった、操縦操作部の制御遅れや外乱による軌跡制御精度の低下を、設計した軌跡周りのフィードバック制御により解消できることを示した点は、実用化に向けて具体的な成果であり、独自性があると思われる。

肥料の自動補給のために自律走行車両のレーザセンサによる位置計測手法を開発検討し、計測範囲が20m程度と限られるものの10cm以下の精度で位置計測できることを示した。さらにデッドレコニングと組み合わせてフィードバック制御に必要な連続的な位置計算を可能にした点は、今後の位置計測手法研究における実用性を高めることに寄与する知見であるといえよう。最後に、実規模の車両を用いて実際に肥料補給規模実験を行い、初めて自動肥料補給の可能性を示したことは、自律走行研究の範囲を拡張しうることになると評価できる。

本研究は、従来の自律走行研究とは異なった視点から、農業用車両の高精度接近制御を、軌跡制御の開発により実現した。実験結果から見て、操舵角度の限界を越えない範囲からの接近では資材補給には十分な精度である20cm以下であった。しかし、操舵角度が限界外となる場合への対応には問題が残され、制御性能改良のために更なる検討が必要となるであろう。精密農業の普及とともに、農業用車両の自律走行システムの研究は積極的に推進されており、農業用車両を用いた作業の全自動化への取り組みの重要性は増すものと考えられる。本研究により、特定の対象への接近制御を高精度で実現できることが示されたことは、車両が作業機の装着、資材の補給をも含めた作業全体を自動的に行うための基礎となることを示唆するものであり、広範囲な分野への応用が期待できる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。